

The SNU Journal of Education Research
September 2018, Vol. 27, No.3, pp. 185-205.

Elastic net을 통한 학생의 창의성 예측 모형 연구*

유진은 노민정
한국교원대학교 대전원앙초등학교

Predictive Modeling of Students' Creativity via Elastic Net

Yoo, Jin Eun** Rho, Min Jeong
Korea National University of Education Daejeon Wonang Elementary School

ARTICLE INFO

Article history:
Received Aug 20 2018
Revised Sep 26 2018
Accepted Sep 28 2018

Keywords:
machine learning,
elastic net, creativity, SELS

주제어:

기계학습, elastic net,
창의성, SELS

ABSTRACT

Previous creativity research has focused on student predictors, but teacher and school predictors also need to be identified to increase school accountability and teacher awareness for creativity education at schools. Initially, all 2,138 variables from SELS (Seoul Educational Longitudinal Study) student, parent, teacher, principal, and school datasets were considered for predictive model building. Elastic net, best-known for selecting variables and handling multicollinearity issues, was employed as a machine learning technique. Consequently, a total of 46 predictors were selected out of 1,422 predictor candidates. Selected predictors such as students' self-concept, self-directed learning, career-based activities, cultural experience activities, and computer efficiency were also frequently investigated in previous research. Newly found predictors include school violence experiences (spreading evil rumor), students' peer relation, and English instruction-related variables. Implications were discussed based on the results. Specifically, school and district's efforts should be exerted on the operations of free-semester, 2015 revised curriculum's software education, and Wee classes. Lastly, suggestions on panel data collection were made such as switching to online surveys and delivering actual creativity tests to subsampled students.

국문초록

본 연구는 학생, 학부모, 교사, 학교를 망라하는 모든 교육 주체를 분석 모형에 포함함으로써 창의성 관련 교육 정책 및 프로그램 수립·이행 시 실효성 제고에 기여하고자 하였다. SELS 8차년도 초4 패널 자료가 제공하는 2,138개 학생, 학부모, 교사, 교장, 학교 변수를 기계학습 기법인 elastic net으로 분석하여 일반계 고등학생의 창의성 예측 변수를 탐색하였다. 벌점회귀모형 기법 중 하나인 elastic net은 변수 선택이 가능하며 다중공선성까지 고려하므로 대용량 사회과학 자료 분석에 적절하다. SELS의 1,422개 설명변수를 elastic net 모형에 투입한 결과, 성취목표, 탄력성, 자아개념, 자기주도학습능력과 같은 학습 및 심리 특성 변수 21개, 진로성숙도, 진로탐색활동과 같은 진학 및 진로 변수 10개, 학부모와 자녀의 관계, 독서, 문화예술활동과 같은 가정 생활 변수 6개, 컴퓨터 및 스마트폰 활용 능력과 같은 ICT 활용 변수 3개, 교우관계, 학교폭력, 교사 및 수업 평가 등 학교 정규 수업 및 학교생활에 관한 변수 6개의 총 46개의 변수가 선택되었다. 본 연구모형이 선택한 변수 중 자기주도적 학습 능력, 자아개념, 성취목표 등의 학습 및 심리 특성 변수, 진로체험활동과 같은 진로 관련 변수, 문화체험활동, 컴퓨터활용능력 등은 선행연구에서 다루졌던 변수들이다. 본 연구가 새롭게 발굴한 변수는 학교폭력, 건강 상태, 교우 관계, 영어 수업 관련 변수 등이다. 연구 결과를 토대로 자유학기제(또는 자유학년제), 2015개정 교육과정의 소프트웨어교육, 위(Wee) 클래스 등과 관련한 학교 및 교육청 차원에서의 노력에 대하여 논하였다. 마지막으로, SELS 자료 수집 시 개선 사항에 대하여 제언하였다.

* 이 논문은 제4회 서울교육중단연구 학술대회에 발표한 논문을 수정, 보완한 것이다

** Corresponding author, jeyoo@kne.ac.kr

I. 서론

‘창의적 사고 능력’이 4차 산업 혁명 시대의 미래 사회 인재가 갖추어야 할 핵심 역량 중 하나로 상정되면서(Rychen & Salganik, 2000), 창의성 교육은 전 세계적으로 국가 정책 및 교육 개혁 안건으로 부상하였다(박희진, 남궁지영, 2016). 우리나라에서도 이러한 국가·사회적 요구와 필요를 반영하려고 노력하고 있다. 교육부에서는 2015 개정 교육과정에서 우리 교육이 ‘창의융합형 인재’로 근본적으로 패러다임을 전환할 필요가 있다고 역설하였다. 창의성 교육과 연결하여 좀 더 자세히 설명하면 다음과 같다. 2015 개정 교육과정에서 네 가지 인간상과 여섯 가지 핵심 역량을 제시하였는데, 그 중 ‘창의적인 사람’과 ‘창의적 사고 역량’을 포함함으로써 창의성 교육을 중시함을 확인할 수 있다. 또한, ‘창의융합형 인재’로의 패러다임 전환을 역설한 2015 개정 교육과정에서 과정 중심평가, 자유학기제, 소프트웨어 교육, 학교스포츠클럽 활동 등을 강조하였으며, 특히 프로그래밍 체험 등의 소프트웨어 교육 강화를 통하여 학생들의 창의력을 증진을 꾀한다고 직접적으로 언급하였다(교육부, 2015).

이렇게 창의력이 그 어느 때보다 중시됨에도 불구하고, 지금까지 창의력 신장에 대한 연구는 주로 학생 개인의 인지·심리적 특성이나 가정 변인과 관련된 연구가 주를 이루어 왔으며, 교사 및 학교 특성에 관한 연구는 상대적으로 미흡한 편이었다. 그러나 교육 정책 및 프로그램은 이해당사자인 학생, 학부모, 교사, 학교관리자를 모두 고려하여 진행될 때 그 효과가 극대화될 수 있다. 즉, 학생들의 창의적 사고 능력 증진을 위한 학교 교육의 실효성 제고를 위하여 학생은 물론이거니와, 학부모, 교사, 학교의 특성을 모두 고려하여 연구할 필요가 있다. 서울교육종단연구(Seoul Educational Longitudinal Study; 이하 SELS)는 모두 합해 수천 개의 학생, 학부모, 교사, 교장, 학교 변수를 제공한다. SEM(Structural Equation Modeling), HLM(Hierarchical Linear Modeling)과 같은 기존의 통계적 분석 방법은 수천 개의 변수를 다루기에 적절하지 않으므로, 본 연구는 기계학습(machine learning) 기법 중 하나인 elastic net을 이용하여 방대한 정보를 가진 SELS를 분석함으로써 학생의 창의성을 예측할 수 있는 변수를 포괄적으로 파악하고자 하였다.

설명(explanation)을 주된 목적으로 삼아 온 심리학과 달리, 컴퓨터공학·통계학 등의 학문에서는 기계학습(machine learning) 기법을 통한 예측(prediction)에 초점을 맞추어 왔다. 다시 말해, 기계학습에서는 통계모형 또는 알고리즘이 현재 데이터를 잘 설명하는 데 그치지 않고, 새로운 데이터를 잘 예측하는 것을 중시한다. 기계학습을 심리학 분야에 소개한 Yarkoni와 Westfall(2017)에 따르면, 기계학습 기법을 통하여 예측모형을 연구함으로써 궁극적으로는 설명모형에만 치중하는 것보다 인간행동의 더 깊은 이해를 꾀할 수 있다. 특히 대용량 자료의 분석 시 기계학습 기법은 연구 결

과의 반복가능성을 높일 수 있는 방법으로서 그 활용 가치가 크다(Yarkoni & Westfall, 2017). 따라서 대용량 자료인 SELS 분석 시 기계학습 기법을 이용하는 것은 타당하다 하겠다. 또한, 본 연구에서 이용한 elastic net과 같은 기계학습 기법은 표본 수보다 변수 수가 더 많은 자료도 분석할 수 있다는 방법론적 이점이 있다. 반면, 수천 개에 육박하는 변수를 하나의 모형에 투입할 경우 HLM, SEM과 같은 통계 기법으로는 수렴(convergence)의 문제가 발생하게 된다. 따라서 대용량 자료의 수천 개의 변수를 모두 고려하여 학생의 창의성 예측모형을 도출하고자 했던 본 연구에서 다른 전통적 통계 기법을 쓰는 것이 불가능하였고, elastic net과 같은 기계학습 기법을 이용하는 것이 필수적이었다.

II. 이론적 배경

창의성 교육 연구 초기에는 학생의 인지·심리적 특성이나 가정 배경과 같이 교육적 개입이 어려운 개인적 특성 연구들이 주를 이루었다(김이경, 김경현, 민수빈, 2016). 즉, 학생의 창의성이 개인의 지능이나 매체 활용 능력, 내·외적 동기 수준과 같은 개인 특성이나 부모의 양육태도, 가정의 경제적 수준과 같은 가정 배경에 따라 어떠한 차이를 나타내는지 연구되었다. 교사 및 학교 특성과 같이 사회·문화·환경적 특성들로 창의성 연구 범위가 확장된 것은 인지적, 정의적, 환경적 요소와 요소간 상호작용을 고려하는 통합적인 관점에서 창의성을 조명하게 되고, 창의성 교육에 대한 학교 교육의 역할이 강조되면서부터이다(김누리, 이희현, 김효원, 2015).

학생의 창의성은 교사가 조성하는 수업 분위기, 교사의 피드백과 같은 심리·사회적 요소나 학습자 중심 수업 방법, 교사와 학생의 상호작용, 학교의 물리적 환경 등에 영향을 받는다(김누리 외, 2015; 박경호, 김양분, 남궁지영, 백선희, 2015; 박희진, 남궁지영, 2016). 즉, 창의성 교육 연구 동향을 분석한 정지은, 조연순(2012)의 주장과 같이, 교실 및 학교의 심리·사회적 또는 물리적 환경이 학생들의 창의성 함양에 어떠한 영향을 미치는지에 연구가 필요하다고 할 수 있다. 그러나 우리나라에서 학교 교육을 전제로 한 창의성 관련 연구가 다루는 변수들은 여전히 제한적인 편으로 특정 교과를 중심으로 한 교육과정 재구성 연구가 주를 이루며, 정책적인 지원과 교사 지원에 관한 연구는 일부에 불과하고, 교실 환경 지원과 관련된 연구는 매우 미미한 편이다(정지은, 조연순, 2012).

교사 및 학교 관련 요인들은 개인 및 가정배경 요인만큼 큰 영향력을 발휘하기 어려울 수 있으나, 교육적 개입의 가능성을 부여한다는 점에서 연구 가치가 충분하다. SELS를 활용하여 학생의 창의성에 영향을 미치는 교사 변수를 연구한 김이경 외(2016)와 허은정, 윤지영(2017)의 연구는 그

러한 맥락에서 중요한 의의를 갖는다고 할 수 있다. 또한 전적으로 교사의 성향이나 노력에 의하여 좌우되지 않는 창의적 교수학습방법, 수업개선활동과 같은 교사 변수에 대한 연구 결과는 교장 및 학교의 교육적 지원, 환경으로까지 확장된다. 교사의 전문성 신장은 학교장이 어느 정도로 지지하는지, 그리고 학교 풍토가 얼마나 허용적이고 진취적인지 등에 영향을 받기 때문이다(박영숙 외, 2016).

Ⅲ. 연구 방법

A. 분석 자료

서울교육종단연구(Seoul Educational Longitudinal Study; SELS)는 서울특별시에 소재한 국공립 및 사립학교의 초등학교 4학년, 중학교 1학년, 고등학교 1학년 패널을 대상으로 2010년부터 매년 수집되고 있는 패널자료이다. 본 연구는 초등학교 4학년 패널의 8차년도 자료의 일반계 고등학생 2,866명 중 해당 학생의 학부모, 교사, 교장이 모두 응답한 2,569명 학생의 자료를 분석하였다.

1. 변수 정리

SELS는 모두 2,138개의 변수(학생 변수 403개, 학부모 변수 307개, 교사 변수 908개, 교장 변수 191개, 그리고 학교 변수 329개)로 구성되어 있었으며, 다음과 같이 변수를 정리하였다. 첫째, 응답 여부, 학생, 교사 및 학교 ID와 같이 분석에 불필요한 총 28개의 관리 변수를 삭제하였다. 둘째, 내용상 다른 변수와 중복되거나 응답이 단일한 변수를 삭제하였다. 학생 자료에서 중복되어 있는 응답자 성별은 결측이 없는 '검토한 학생 성별'(GS990018)을, 국어, 영어, 수학(인문/자연) 성취도는 원점수를 삭제하고 수직척도 점수를 사용하였다. 학교 자료에서는 전입/전출생 수를 사용하고 비율을 삭제하였다. 응답 값이 '0' 또는 '1'로 모두 동일했던 4개 변수(교장수(GC983028), 세입결산_자체수입(지원금수입)(GC360038), 세입결산_자체수입(정부지원수입)(GC350028), 급식운영방식_전부위탁(GC331308))을 삭제하였다.

참고로 SELS 자료는 304개의 교사 변수를 제공하는데, 한 학생에 대하여 국어, 수학, 영어의 세 개 교과 교사가 설명을 작성한다. 본 연구에서는 교과별 교사 특징을 파악하기 위하여 교사 변수를 국어, 수학, 영어 교과별로 정리하여 분석에 이용하였다. 교사 ID, 학교 ID와 같은 관리 변수를 제외하고 각 교과로 정리 후 총 교사 변수는 908개였고, 이를 모두 분석에 활용하였다.

2. 결측치 처리

SELS 자료의 결측치는 발생 원인에 따라 ‘-9’(무응답), ‘-8’(복수응답), ‘-7’(논리적 오류), ‘-6’(범위 밖 응답)으로 코딩되었다. 본 연구에서는 네 가지 결측치를 상이하게 취급할 논리적 근거가 부족하다고 판단하여 모든 결측치를 동일하게 ‘-9’(무응답)로 재코딩 한 후 결측치가 일정 비율 이상인 변수를 삭제하였다. 학생 및 학부모 자료에서는 결측치가 전체 사례 수의 10% 이상인 변수를 각각 93개, 159개 삭제하였다. 교사, 교장 및 학교의 결측 허용 비율은 한 사례가 다수의 학생들에게 중복 매칭된다는 점을 감안하여 교사 자료에서는 5%, 교장 및 학교 자료에서는 1%로 설정하였으며 각 자료에서 43개, 177개 변수를 삭제하였다.

결측치 처리에는 흔히 완전제거법(listwise deletion) 또는 평균 대체(mean imputation)가 쉽게 사용되는데 이러한 방법들은 MCAR(Missing Completely At Random)과 같은 강한 통계적 가정을 충족할 때 타당하다. 그렇지 않다면 추정치의 편향이 발생하여 분석 결과의 타당성을 위협받을 수 있다. 본 연구는 비모수 결측처리 방법 중 하나인 k-NN 대체법을 사용하여 결측치를 대체하였다. k-NN 대체법은 결측치가 있는 사례와 가장 유사한 k개의 관측 사례에서 대체 값을 추출하기 때문에 분산이나 편향에 크게 영향을 받지 않는 편이다(Jonsson & Wohlin, 2004). 또한, 비모수 방법이므로 MAR(Missing At Random)과 같은 가정을 충족시킬 필요가 없다는 장점이 있다. 본 연구에서 k-NN의 유사성 척도는 범주형 및 연속형 변수 모두에 적용할 수 있는 Gower distance(Gower, 1971)를 이용하였으며, 이 때 k값은 전체 2,569명 중 완전 관측 사례인 161명의 제곱근 값인 12로 하였다.

3. 설명 변수와 반응 변수

연속형 설명변수의 경우는 통계분석에서 그대로 사용하였으나, 범주형 설명변수는 이분형인지 다분형인지에 따라 조정이 필요하였다. 이분형 범주변수는 분석의 편의를 위하여 더미코딩으로 변환하였다. 범주가 셋 이상인 다분형 범주변수 4개의 범주를 조정하여 이분형으로 바꾸었고, 이분형 범주로의 통합이 논리적으로 힘들다고 판단된 68개 변수를 분석에서 제외하였다. 별점회귀모형으로 다분형 범주변수를 분석하려면 group LASSO와 같은 모형을 사용해야 하기 때문이다(유진은, 노민정, 2017).

본 연구의 반응 변수는 창의성으로 SELS에서는 ‘전혀 그렇지 않다’(1점)부터 ‘매우 그렇다’(5점)까지의 리커트형 척도 9개 문항을 통하여 조사되었다. 구체적인 문항 내용은 ‘관심 있는 것에 대해서는 잘 알고 있다’, ‘나에게 필요한 것에 대한 정보는 열심히 찾아본다’, ‘어떤 문제를 해결하기 전에 그것에 대해 다양하게 알아보고 해결하기 위해 노력한다’, ‘새로운 것을 접하면 그냥 지

나치지 못한다', '어떤 일이 생기면 그것의 원인이 무엇인지 궁금해 한다', '남들이 당연하게 여기는 것에도 “왜?”라고 질문한다', '어떤 일을 할 때 나만의 것을 만들고 싶다', '다른 사람과 다른 독특한 방법을 생각한다', “개성있다”는 말을 종종 듣는다'이다. 본 연구에서는 9개 문항의 총점을 반응 변수로 사용하였으며, 최소값과 최대값은 각각 9점, 45점, 중간값은 33점, 평균은 32.98점이었다. 9개 문항에 대한 크론바흐 알파 값은 0.898이었다.

B. 분석 방법

본 연구의 주된 목적은 천 개가 넘는 SELS 변수를 하나의 모형에 투입하여 그 중 학생의 창의성을 가장 잘 예측할 수 있는 변수를 찾아내는 것이었다. 그런데 학생과 그 학생의 교사, 학부모, 학교와 관련하여 천 개가 넘는 변수로 구성된 SELS 자료 분석 시 다중공선성으로부터 자유로울 수 없다는 문제가 발생한다. 본 연구는 이 두 가지를 모두 해결할 수 있는 기계학습 기법으로 elastic net을 선택하였다. 기계학습 기법인 elastic net은 정규화(regularization) 기법인 LASSO(Least Absolute Shrinkage and Selection Operator)와 ridge를 결합한 것이다(Yoo, 2018; Zou & Hastie, 2005). 따라서 LASSO의 강점인 변수 선택과 ridge의 강점인 다중공선성 문제 해결이 모두 가능하다는 장점이 있다(T. Hastie, personal communication, February, 9, 2017; R. Tibshirani, personal communication, February 1, 2017). 좀 더 자세히 설명하면 다음과 같다.

$$\hat{\beta} = \arg \min \left\{ \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N (y_i - \beta_0 - \sum_{j=1}^P x_{ij} \beta_j)^2 + \lambda \sum_{j=1}^P (\alpha |\beta_j| + (1 - \alpha) \beta_j^2) \right\} \quad \text{식 (1)}$$

Elastic net은 식 (1)을 이용하여 모수를 추정한다. 이 식의 전반부는 최소제곱법을 쓰는 손실함수(loss function)에 대한 것이므로 특별할 것이 없다. 이 식의 후반부가 바로 벌점함수(penalty function) 부분으로, 벌점함수 부분의 조율모수, 즉 벌점 모수 λ 는 LASSO 또는 ridge에서와 마찬가지로 계수를 얼마나 축소할지를 결정한다. Elastic net의 특징으로, 각각 L1, L2 노름(norm)과 관련된 $|\beta_j|$, β_j^2 이 모두 벌점함수 식에 들어가 있고, 이를 조율모수 α 가 통제한다는 점이 있다. LASSO와 ridge를 연결해주는 기능을 하는 조율모수 α 는 0부터 1까지의 값을 가진다. 즉, α 가 1에 근접할수록 elastic net은 LASSO로, 0에 근접할수록 ridge로 가까워진다.

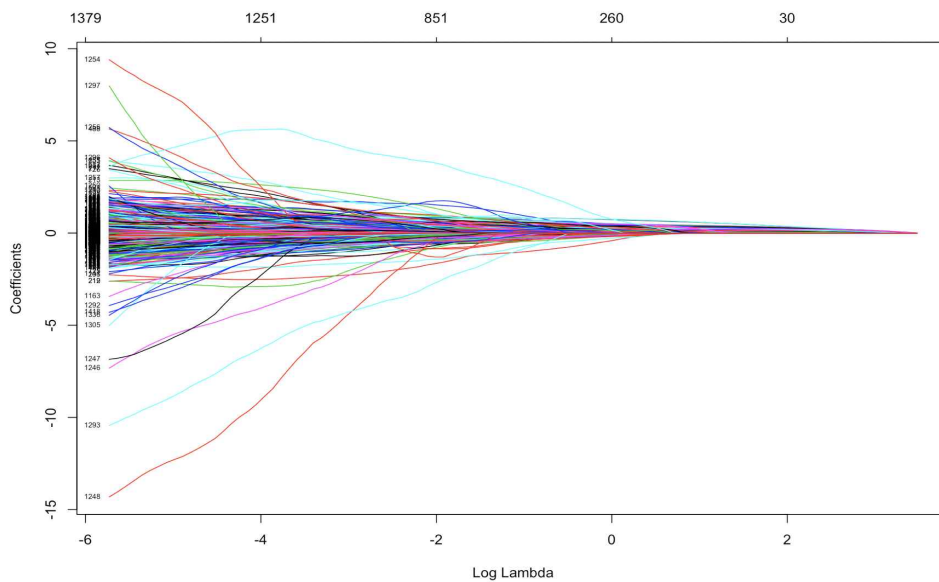
주의할 점으로, elastic net의 두 가지 조율모수 중 벌점 조율모수인 λ 가 상대적으로 더 중요하다는 점이 있다. 따라서 조율모수 α 는 CV(cross-validation; 교차타당화)를 생략하고 연구자의 재량으로 선택하는 것이 일반적이다(T. Hastie, personal communication, February, 9, 2017). 즉, α 를 먼저 정한 후 벌점 조율모수인 λ 를 교차타당화를 통하여 찾고, 이를 이용하여 얼마나 회귀계

수를 축소할지 결정한다. 본 연구가 기계 학습을 이용하여 학생의 창의성 관련 변수를 탐색하는데 사용한 프로그램은 R이다. 변수 재코딩 및 결측치 처리에 사용한 R 패키지는 car, VIM이며, 벌점회귀모형 분석에는 glmnet 패키지를 사용하였다.

IV. 연구 결과

A. Elastic Net을 이용한 벌점회귀모형 구축

벌점회귀모형을 이용하여 고등학생의 창의성 관련 변수를 탐색하기 위하여 전체 자료를 7:3의 훈련 및 시험 자료로 나누었다. 훈련 자료를 이용하여 $\alpha=0.1$ 인 elastic net 모형을 구축하였으며, 벌점 모수(λ)에 따른 변수들의 회귀계수 크기 변화를 [그림 1]과 같이 확인하였다. [그림 1]의 가로축은 벌점모수의 로그 값이고, 세로축은 회귀계수 값이며, 각 선들은 1,422개의 변수를 각각 보여준다. [그림 1]을 통하여 벌점 모수 값에 따라 변수들의 회귀계수가 어떻게 축소되는지 파악할 수 있다.



[그림 1] 벌점모수 값과 회귀계수

모형 구축 후, 최적의 벌점 모수 값을 선택하기 위하여 mae 값을 기준으로 10-fold 교차타당화(cross-validation)를 실시하였다. 본 연구에서는 모형 간명성을 위하여 교차타당화 오차가 1표준오차 일 때의 벌점 모수 값인 2.894를 선택하여 최종 모형을 구축하였다. 시험 자료를 이용하여 최종 모형의 성능을 평가하였을 때 RMSE(root mean square error) 값은 3.948이었다.

B. 분석 결과

총 1,422개의 학생, 학부모, 교사, 교장, 학교 변수 중 고등학생의 창의성과 관련 있는 것으로 최종 모형에서 선택된 설명 변수는 46개였다. 이 중 학부모 변수 1개를 제외한 45개 변수가 모두 학생 변수였으며, 이는 개인 특성이 여러 요인 중 학생의 창의성에 가장 큰 영향을 끼친다는 여러 선행연구 결과(김이경, 김경현, 민수빈, 2016)와 일치한다. 선택된 46개 변수들의 변수명, 회귀 계수, 설명 및 범주를 회귀계수의 크기 순으로 <표 1>에 제시하였다.

본 연구의 elastic net 모형에서 선택된 46개 변수들은 SELS의 변수 분류 기준을 따라 크게 학습 및 심리 특성, 진학 및 진로, 가정생활, ICT 활용, 마지막으로 학교 정규 수업/학교생활/학교폭력의 다섯 가지로 정리할 수 있다. 각각에 대하여 자세하게 설명하겠다.

1. 학습 및 심리 특성

세 편의 선행 연구(김이경 외, 2016; 민수빈, 김이경, 2017; 어윤경, 2015)에서 다루어지지 않았지만 본 연구에서 선택된 심리특성은 성취목표, 탄력성, 자아개념, 자기평가였다. 성취목표는 SELS에 제시된 5개 문항이 모두 선택되었는데, 분명한 성취 목표가 존재할수록(GS351008), 목표 달성을 위한 구체적인 방법을 인지할수록(GS352008), 목표 달성을 위하여 노력할수록(GS353008), 현재의 공부가 목표 달성에 도움이 된다고 생각할수록(GS354008), 목표 달성에 사회적 가치를 부여할수록(GS356008) 창의성이 높았다. 탄력성은 SELS의 8개 문항 중 5개 문항이 선택되어, 문제의 원인을 알고 있다고 믿을수록(GS614008), 논쟁/어려운 상황에서 감정을 잘 통제할수록(GS615008/GS616008), 주변에 감사하는 마음을 많이 가질수록(GS617008), 쉽게 포기하지 않을수록(GS61A008) 창의성이 높은 것으로 나타났다. 자아개념과 관련하여 스스로를 좋은 성품을 가진 사람으로(GS541008), 능력 있는 사람(GS542008)으로 여기고, 긍정적으로 평가할수록(GS547008), 자기 통제력 변수로서 어려운 과제를 쉽게 포기하지 않을수록(GS622008), 행동에 앞서 사고할수록(GS623008), 자기평가 변수로서 대부분의 일이 즐겁다고 느낄수록(GS624028) 창의성이 높았다.

자기주도학습능력의 하위 영역인 학습방법, 학습노력, 학습태도에 대한 5개 변수가 고등학생의 창의성과 관련이 있는 것으로 선택되었다. 분석 결과에 따르면, 학습방법 중 새로운 학습 내용과

선수학습 내용을 잘 연결할수록(GS321008), 학습노력과 관련하여 모르는 학습내용을 책이나 인터넷에서 검색할수록(GS336008), 학습태도 중 어려운 내용도 잘 이해할수록(GS341008), 공부에 대한 즐거움이 클수록(GS343008), 수업내용에 대한 이해를 점검할수록(GS325008) 학생의 창의성이 높았다.

2. 진학 및 진로

진로성숙도는 어윤경(2015), 이정민, 정혜원(2016)에서 주요 변수로 연구된 구인으로 본 연구의 분석 결과에서는 SELS의 8개 문항이 모두 선택되었다. 고등학생의 창의성을 진로성숙도와 관련지어 설명하면, 자신의 선호(GS391008), 자신의 장점(GS392008), 장래 희망 성취 방법(GS394008)을 뚜렷하게 인지할수록, 관심 직업에 대한 구체적 정보 탐색 경험이 많을수록(GS393008), 스스로 진로를 결정할수록(GS395008), 직업상 전문성을 추구할수록(GS396008), 진로결정 과정에서 주체적일수록(GS397008), 희망직업 추구 과정의 어려움을 극복할 의지가 높을수록(GS398008) 창의성이 높은 것으로 나타났다.

민수빈, 김이경(2017), 어윤경(2015)은 진학진로 활동 영역 중 프로그램 경험 여부 관련 변수인 진로탐색 및 체험 활동이 창의성에 긍정적인 영향을 끼치는 것으로 보고하였다. 본 연구 결과에서도 직업인 강연회 참석 경험(GS40I108)과 기타 진학진로 활동 경험(GS40E108)이 많을수록 창의성이 높은 것으로 나타났다.

3. 가정생활

학생의 가정생활 영역에서 선택된 변수들은 다음과 같았다. 학부모와 관련된 변수로 학부모가 자녀에게 학교폭력과 관련하여 힘든 점을 물어볼수록(GP461008), 보호자와 시사에 대한 대화를 많이 할수록(GS278508), 보호자가 자녀의 숙제를 확인할수록(GS272008) 창의성이 높았다. 이는 부모와 자녀의 관계 또는 부모의 양육 태도와 관련된 변수로서, 부모의 애정적이고 수용적인 양육 태도(윤병배, 김진모, 2012; Miller, Lambert, Speirs Neumeister, 2012), 새로운 생각에 대한 부모의 지지가 창의적 인성을 설명하는 가장 큰 요인(유경훈, 강순미, 2009)이라는 연구 결과로 뒷받침할 수 있다.

또한 주당 독서시간(GS291008)과 월 평균 독서량(GS292008)도 관련 변수로 선택되었는데, 이는 적당한 독서 시간이 아동의 창의성에 긍정적인 영향을 미친다는 김현정(2010)의 연구 결과와 유사하다고 할 수 있다. 더불어, 강병직(2015), 노그림, 신동엽(2016)이 창의성에 미치는 문화예술활동의 중요성을 강조했던 바와 같이 연극, 뮤지컬과 같은 문화 활동 경험(GS752308)이 많을수록 창의성

이 높은 것으로 나타났다.

4. ICT 활용

컴퓨터 및 스마트폰 활용은 학생들의 일상생활과 밀접한 요인으로 여러 연구에서 분석되었으나, 그 결과는 다소 상반된 편이다. SELS를 분석한 권선아, 이수영(2017)의 연구에서 컴퓨터 및 스마트폰 활용은 창의성의 종단적 변화에 통계적으로 유의한 영향을 미치지 않았다. 공과대학교 학생을 대상으로 Kaufman 창의성 검사를 실시하여 분석한 홍성용, 이문정, 성은현(2014)의 연구에서 창의성과 컴퓨터 사용 시간의 관계는 부적이었으나, 게임이나 여가활용이 아닌 정보 검색이 목적일 때는 정적인 상관관계를 가지는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 온라인채팅, 이메일 사용, 음악 듣기 등이 아닌 웹페이지 제작(GS31F008), 프로그램 검색 및 바이러스 치료(GS312008), 사진 및 이미지 편집(GS313008)과 같은 컴퓨터 활용 능력이 높을수록 창의성이 높은 것으로 나타났는데 이는 홍성용 외(2014)의 결과와 부분적으로 맥을 같이 한다고 볼 수 있다.

5. 학교 정규 수업, 학교 생활 및 학교폭력

학교 정규수업(국어, 수학, 영어)과 관련하여 교사 및 수업 만족도에 관한 변수들도 창의성과 관련 있는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 영어 수업에 대한 학생의 흥미와 기대(GS133308), 영어 교사의 교과 지식수준(GS122308), 영어 교수 방법의 적절성(GS123308)에 대한 학생의 평가가 선택되었다. 자세히 설명하면, 영어 수업에 대한 학생의 흥미와 기대가 높을수록, 학생이 자신의 영어 교사의 교과 지식수준이 높다고 생각할수록, 그리고 영어 교사의 교수 방법이 적절하다고 생각할수록 학생의 창의성이 높았다.

학교생활 영역 중 선택된 변수는 교우관계 변수(GS084008), 질병으로 인한 보건실 이용 정도(GS733008), 학교폭력 중 하나인 악소문 유포 경험(GS674008)이 선택되었다. 친구들을 잘 도울수록, 질병으로 인한 보건실 이용 정도가 높을수록, 그리고 악소문 유포와 같은 학교폭력 경험이 빈번할수록 창의성이 높았다.

〈표 1〉 Elastic net 모형이 선택한 46개 변수

순	변수명	계수	변수 설명	범주*
1	GS391008	0.577	진로성숙도1_자신의 선호에 대한 인지	A
2	GS321008	0.568	학습방법1_새로운 학습 내용과 선수학습 내용의 연결	
3	GS353008	0.416	성취목표3_목표 달성을 위한 노력	
4	GS352008	0.411	성취목표2_목표 달성을 위한 구체적인 방법 인지	
5	GS61A00	0.397	탄력성8_쉽게 포기하지 않음	

	8			
6	GS614008	0.377	탄력성3_문제의 원인을 알고 있다고 믿음	
7	GS393008	0.366	진로성숙도3_관심 직업에 대한 구체적 정보 탐색 경험	
8	GS396008	0.336	진로성숙도6_직업상 전문성 인정 추구	
9	GS356008	0.3	성취목표5_목표 달성의 사회적 가치	
10	GS325008	0.266	학습방법3_수업내용에 대한 이해 점검	
11	GS622008	0.25	자기통제력2_어려운 과제를 쉽게 포기하지 않음	
12	GS542008	0.226	자아개념2_나는 능력있는 사람	
13	GS397008	0.224	진로성숙도7_진로결정 과정에 주체성 추구	
14	GS398008	0.212	진로성숙도8_희망직업 추구 과정의 어려움 극복 의지	
15	GS343008	0.192	학습태도2_공부에 대한 즐거움	
16	GS336008	0.185	학습노력3_모르는 학습내용을 책이나 인터넷에서 검색	
17	GS40E108	0.182	진학진로활동경험16_기타	0: 없다, 1: 있다
18	GS351008	0.18	성취목표1_분명한 성취 목표 존재	A
19	GS674008	0.172	학교폭력피해경험4_악소문유포	1: 한 번도 당한 적 없음 2: 지금까지 한 두 번 당했음 3: 한달에 2~3번 4: 일주일에 한 번 5: 수시로 당함
20	GS31F008	0.145	컴퓨터 및 스마트폰 활용능력10_웹페이지 제작	B
21	GS394008	0.126	진로성숙도4_장래 희망 성취 방법 인지	A
22	GS617008	0.123	탄력성6_주변에 감사	
23	GS392008	0.104	진로성숙도2_자신의 장점에 대한 인지	
24	GS341008	0.086	학습태도1_어려운 내용도 이해 가능	
25	GS547008	0.084	자아개념4_자신에 대한 긍정적 태도	
26	GS354008	0.077	성취목표4_현재의 공부가 목표 달성에 도움	C
27	GS291008	0.055	주당 독서시간	
28	GS123308	0.054	영어교사3_적절한 수준의 교수	
29	GS615008	0.053	탄력성4_논쟁에서 감정 통제	
30	GS084008	0.049	교우관계4_친구들을 도움	
31	GS395008	0.049	진로성숙도5_스스로 진로 결정	A
32	GS623008	0.041	자기통제력3_행동에 앞서 사고함	
33	GS733008	0.032	건강상태3_질병으로 인한 보건실 이용	
34	GS272008	0.031	보호자2_자녀의 숙제 확인	
35	GS292008	0.026	월 평균 독서량	
36	GS541008	0.026	자아개념1_나는 좋은 성품을 가진 사람	A
37	GS313008	0.025	컴퓨터 및 스마트폰 활용능력3_사진 및 이미지 편집	B
38	GS122308	0.024	영어교사2_교과 지식 풍부	A

39	GS752308	0.022	문화활동 개별 또는 기타3_연극, 뮤지컬 관람	1: 전혀 안함 2: 1년에 1~2번 3: 1학기에 1~2번 4: 1달에 1~2번 5: 1주에 1~2번
40	GS278508	0.017	보호자12_자녀와 시사에 대한 대화	A
41	GS133308	0.015	영어수업 만족도1_흥미와 기대	
42	GS616008	0.015	탄력성5_어려운 상황에서 감정 통제	
43	GS624028	0.01	자기평가3_대부분의 일 즐거움	
44	GS40I108	0.008	진학진로활동경험12_직업인 강연회 참석	0: 없다, 1: 있다
45	GP461008	0.006	학교폭력 대응 행동1_자녀에게 힘든 점 물어봄	1: 전혀 하지 않는다 2: 하지 않는다 3: 그런 편이다 4: 자주 그런 편이다
46	GS312008	0.001	컴퓨터 및 스마트폰 활용능력2_프로그램 검색 및 바이러스 치료	B

*A: '1: 전혀 그렇지 않다, 2: 그렇지 않다, 3: 보통이다, 4: 그렇다, 5: 매우 그렇다'

B: '1: 전혀 할 수 없다, 2: 다른 사람이 도와주면 할 수 있다, 3: 혼자서도 잘 할 수 있다'

C: '0: 읽지않음, 1: 1시간 미만, 2: 1시간이상~2시간 미만, 3: 2시간 이상~3시간 미만, 4: 3시간이상~4시간 미만, 5: 4시간이상~ 5시간 미만, 6: 5시간 이상~6시간 미만, 7: 6시간 이상~7시간 미만, 8: 7시간 이상'

V. 논의

창의성은 학생 개인의 인지·심리적 특성으로 부모의 사회경제적지위(Social Economic Status; 이하 SES)와 같은 가정 배경이 창의성에 큰 비중을 차지하므로 교육적 개입이 쉽지 않다는 것이 교육학 연구자들의 중론이었다(김이경 외, 2016). 따라서 기존 창의성 연구는 학생 관련 변수에 초점을 맞추어 진행되어 왔으며, 교사 및 학교 변수를 이용한 창의성 연구는 활발하지 않았다. 그러나 창의적 사고 능력 또는 창의성은 4차 산업 혁명 시대의 핵심 역량으로 상정되며, 최근 2015 개정 교육과정에서도 그 중요성이 강조되고 있다. 교사 및 학교 책무성이 교육의 모든 영역에서 강조되는 현 시점에서 교사 및 학교 변수를 모형화하는 창의성 연구가 절실하였다. 본 연구는 학생의 창의성 신장을 전체적으로 조망하는 연구가 지금까지 수행되지 않았다는 점에 착안하였다. 즉, 학생, 학부모, 교사, 학교를 망라하는 모든 교육 주체를 분석 모형에 포함함으로써 창의성 관련 교육 정책 및 프로그램 수립·이행 시 실효성 제고에 기여하고자 하였다.

A. Elastic net 모형에서 선택된 변수

본 연구는 SELS가 제공하는 이천 개가 넘는 학생, 학부모, 교사, 교장, 학교 변수를 하나의 통계 모형에서 분석하기 위하여 기계학습 기법 중 하나인 elastic net을 이용하였다. 자료 정리 후 남은 1,422개의 학생, 학부모, 교사, 교장, 학교 변수 중 약 3.23%인 46개의 변수가 고등학생의 창의성 예측 변수로 elastic net 모형에서 선택되었다. 이 46개의 변수 중 다수는 선행연구에서 창의성 관련 변수로 식별된 바 있으나, 몇 가지 새로운 변수 또한 발굴할 수 있었다. 본 절에서는 선행연구에서 이미 연구된 변수는 간략하게 언급하고, 새로운 변수에 초점을 맞추어 논하겠다.

본 연구모형에서 선택된 진로성숙도, 진학·진로체험활동 관련 변수는 SELS 자료를 이용한 고등학생의 창의성 관련 선행연구에서 여러 번 연구되었다(민수빈, 김이경, 2017; 어운경, 2015; 이정민, 정혜원, 2016). 그 외 초, 중, 고, 대학생에 대상으로 자기주도적 학습 능력, 자기통제력 및 자아개념, 성취목표, 탄력성, 독서시간 및 독서량, 컴퓨터 활용 능력, 문화체험활동, 그리고 부모의 양육 방식 변수들 또한 창의성 관련 변수로 연구되었다(강병직, 2015; 권선아, 이수영, 2017; 김영민, 임영식, 2012; 김애경, 2017; 김현정, 2010; 노그림, 신동엽, 2016; 서미옥, 2009; 유경훈, 강순미, 2009; 윤영배, 김진모, 2012; 홍성용, 이문정, 성은형, 2014). 즉, 본 연구모형이 선택한 변수 중 다수가 이미 선행연구에서도 이용된 바 있다.

선행연구에서 거의 다뤄지지 않았으나 본 연구 모형에서 선택된 변수로 학교폭력, 보건실 이용 빈도, 교우 관계, 영어 수업 관련 변수 등이 있었다. 이 중 가장 흥미로운 결과는 질병으로 인한 보건실 이용 또는 악소문 유포와 같은 학교폭력 경험이 학생의 창의성과 정적으로 연관되었다는 것이다. 다시 말해, 창의성이 높은 학생이 질병으로 보건실을 자주 이용하였고, 악소문 유포와 같은 학교폭력 경험도 상대적으로 높았다. 이는 창의성이 높은 학생들의 특징들이 ADHD(Attention Deficit Hyperactivity Disorder)의 증상과 중복된다는 Cramond(1994), Gonzalez-Carpiol, Serrano, & Nieto(2017), Guenther(1995), Kyaga et al.(2013) 등의 주장과 상통한다. Peterson과 Ray(2006)의 미국 전역의 중학교 2학년생 대상 연구에서도 다수의 영재학생들이 유치원때부터 욕설 듣기, 놀림 당하기 등의 학교폭력을 지속적으로 경험해 왔으며 이로 인한 정서적 어려움이 상당하다고 하였다. 반면, 우리나라에서는 창의성(또는 영재성)과 ADHD, 그리고 학교폭력을 연결시킨 연구를 찾기 힘들었다. 그러나 우리나라에서도 창의성이 높은 학생들이 그 특징들로 인하여 학교에서 어려움을 겪고 있을 수 있다. 따라서 학교 및 교사는 창의성이 높은 학생들의 특징을 파악하고 그 학생들의 신체 및 정신 건강에 대한 관심을 주기적으로 환기할 필요가 있다.

이와 관련한 본 연구 결과로, 학부모가 자녀에게 학교폭력과 관련하여 힘든 점이 있는지 묻는 정도가 학생의 창의성과 정적인 연관이 있었다. 다시 말해, 학부모가 자녀에게 학교폭력과 관련하여 힘든 점이 있는지 자주 물어볼수록 학생의 창의성이 높았다. 이 변수가 연구에서 선택된 46개 변수 중 유일하게 부모설문에서 뽑힌 변수였다. 창의성이 높은 학생의 부모는 자신의 자녀의 특징을 이해하고, 특히 학교폭력과 관련하여 자녀의 학교 생활에 관심을 가지는 것으로 보인다. 반면, 교사, 교장 설문에서 학교폭력에 대한 문항이 다수 있었음에도, 교사나 교장의 학교폭력 관련

변수는 본 모형에서 선택되지 않았다. 개별 학생 수준에서의 차이가 교사 또는 학교 수준으로 집합(aggregate)되면서 교사 또는 학교 수준 변수는 학생 수준 변수에 비하여 상대적으로 덜 중요하게 분석되는 것으로 보인다. 그러나 중등학생의 경우 학교에서 일과 시간의 대부분을 보내기 때문에 교사와 교장은 특히 창의성이 높은 학생들의 학교생활 적응에 관심을 가질 필요가 있다.

또 다른 새로운 결과로, 학교생활에서 친구들을 잘 돕고 좋은 교우 관계를 유지할수록 학생의 창의성이 높았다는 것이 있다. 학생이 스스로 인식한 교우 관계와 창의성을 직접 비교한 연구는 찾기 힘들었다. 초등교사가 자신이 담당한 고학년 학생의 창의성과 교우관계를 평정한 결과를 분석한 임성택(2007)의 연구에서 창의성과 교우관계는 통계적으로 유의한 수준에서 부적 관계를 보였다. 즉, 초등교사는 창의성이 높은 학생이 교우관계가 좋지 못하다고 인식하였다. 이는 본 연구의 '교우관계와 창의성이 정적인 관계'라는 결과와는 상반되나, 초등교사가 학생의 창의성을 학교 부적응적인 특성으로 지각하였다는 점이 흥미롭다. 이 선행연구 결과는 앞서 논의한 악소문 유포 등의 학교폭력과 창의성 간 관계와 연관지을 수 있다. 임성택(2007)에 따르면, 교사는 창의적인 학생의 사회적 적응을 돕는 동시에 그들의 창의성이 사회적 동조 또는 교사로부터 부과되는 획일적 가치나 규범으로 말미암아 퇴색되지 않도록 방안을 모색해야 한다. 선행연구의 부족 및 선행연구와의 상반된 결과로 인하여 교우관계와 창의성에 대한 후속 연구의 필요성이 대두된다.

학교의 정규수업과 관련하여 새롭게 선택된 변수로 영어 교사의 지식 수준, 영어 교사의 적절한 교수 정도, 영어 수업에 대한 만족도가 있었다. 이 변수들은 교사 및 수업에 대한 학생의 인식 수준을 보여주는 변수이다. 즉, 교수 요인에 대한 교사의 자기 평가가 아닌 학생의 평가 및 만족도가 학생의 창의성과 관련이 있었다. 학생의 창의성이 교사가 조성하는 수업 분위기, 교사의 피드백과 같은 심리·사회적 요소 및 교사와 학생의 상호작용 등에 영향을 받는다고 하나(김누리 외, 2015; 박경호, 김양분, 남궁지영, 백선희, 2015; 박희진, 남궁지영, 2016), 국어, 수학, 영어 교과 중 영어 교과 변수만이 선택된 것은 해석하기 쉽지 않다. SELS 자료를 이용한 김이경 외(2016)의 연구에서 교사의 창의적 교수학습법이 학생의 창의성과 정적 관계에 있다고 밝혔으나, 교과별 특정이 없었다. 노승빈(2007)의 연구에서 타교과와 비교 시 영어 교과교육에서는 오히려 창의성 개발이 적극적이지 않다는 문제 의식을 보였다. 학생이 인식하는 영어 교사의 지식 수준 및 교수 정도, 그리고 영어수업 만족도가 학생의 창의성과 어떻게 연관이 되는지 보다 깊이 있게 해석하기 위하여 후속 연구가 필요하다.

B. 제언

본 연구는 SELS의 이천 개가 넘는 학생, 학부모, 교사, 학교장, 학교 변수로부터 시작하여 1,422개의 설명변수를 모두 한 모형에서 분석한 전무한 연구였다. 그 결과 본 연구모형에서 선택

된 46개의 변수 중 45개가 모두 학생설문에서 뽑혔고, 한 변수만이 학부모 설문에서 추출되었다. 천 개가 넘는 변수 중 elastic net 모형에서 선택된 거의 모든 변수가 학생 변수라는 점이 아쉬운 것은 사실이다. 그러나, 선택된 학생 변수 다수가 학교에서 학교장이나 교사의 노력으로 어느 정도 변화가 가능한 변수라는 점은 희망적이다. 본 연구 결과를 토대로 학생의 창의성 신장을 위한 학교 교육 개선 방안을 다음과 같이 논하였다.

첫째, SELS 자료를 분석한 창의성 선행연구의 주요 관심 변수는 진로 및 진로교육 관련 변수였다. 본 연구 결과에서도 진로성숙도와 진학진로활동경험(직업인 강연회, 기타)이 창의성과 관계가 있는 변수로 선택되었다. 이는 학생들의 진로성숙도를 높일 수 있도록 진로 교육을 체계화하고, 다양한 진로 체험 활동 및 프로그램을 마련할 필요가 있음을 보여준다. 특히 중학교의 자유학기제 또는 자유학년제와 연계하여 학생의 발달수준에 적합하며 흥미를 이끌어낼 수 있는 진로 프로그램을 개발하기 위하여 학교 또는 교육청 차원의 노력이 절실하다 하겠다.

둘째, 컴퓨터 및 스마트폰 활용 능력 중에서 웹페이지 제작, 사진 및 이미지 편집, 프로그램 검색 및 바이러스 치료에 능숙한 학생일수록 창의성이 높은 것으로 나타났다. 이는 2015개정 교육과정의 ‘창의융합형 인재’를 기치로 하여 최근 적극적으로 추진되고 있는 소프트웨어 교육 정책을 지지하는 연구 결과다. 교육부(2018)는 미래형 첨단 교육환경 구축 사업의 일환으로 디지털교과서와 소프트웨어교육 필수화를 추진 중에 있으며, 2020년까지 전국의 초·중등학교 실과(초등학교) 또는 정보(중등학교) 교과에서 소프트웨어 교육을 실시할 예정이다. 이렇게 학교 중심의 소프트웨어 교육이 본격화되고 있는 시점에서 소프트웨어 교육이 학생들의 창의력과 밀접한 관계를 갖는다는 본 연구 결과는, 교육부의 소프트웨어 교육 정책 및 프로그램 시행에 상당히 힘을 실어줄 수 있을 것이다.

셋째, 본 연구 결과로 특기할 사실은 질병으로 인한 보건실 이용 또는 악소문 유포와 같은 학교폭력 경험이 학생의 창의성과 정적으로 연관되었다는 것이다. 창의성이 높은 우리 학생들이 그 특징으로 인하여 학교에서 여러 어려움을 겪고 있을 수 있음에도, 이와 관련된 연구가 우리나라에는 전무하며, 같은 맥락에서 학교장·교사 차원에서의 인식 또한 연구된 바 없다. 교육부훈령 제 285호 『위(Wee) 프로젝트 사업 관리·운영에 관한 규정』에 따라 전국 200여 교육지원청에 위센터가 설립·운영되고 있다. 창의성과 ADHD가 같이 발현할 수 있으므로(Cramond, 1994; Gonzalez-Carpiol, Serrano, & Nieto, 2017; Guenther, 1995; Kyaga et al., 2013) 위클래스의 전문상담사 또는 전문상담교사 또한 창의성이 높은 학생들의 학교폭력 가능성에 대하여 각별히 주의를 기울일 필요가 있다.

본 연구의 제한점을 바탕으로 후속 연구에 대하여 다음과 같이 제언하였다. 첫째, SELS는 이천 개가 넘는 문항으로 구성되어 있었으나, 결측으로 인하여 자료의 상당 부분을 사용할 수 없었다. 학생 자료의 경우 방과후학교, 사교육, 스마트폰 사용, 진학진로활동도움 정도, 동아리 종류 등의 변수가, 교사 자료에서 삭제한 변수는 학교내/밖 근무/업무 시간, 연수 참여 시간, 창의적체험활동 평가, 정보원도움, 학교풍토저해요인, 교장 및 학교 자료에서 삭제한 변수는 경력, 학력, 학교교직

원현황, 문화예술교육활동 수혜여부/활동운영, 진로/진학지도, Wee클래스, 주 5일 수업제 프로그램 운영, 장애인편의시설 현황 등이 삭제되었다. 비교적 결측치가 적었던 학생, 교사 자료와 다르게 학부모 자료의 경우 방과후학교 참여 여부와 비용, 사교육 참여 여부와 비용, 유형 및 참여 시기, 진학진로활동도움 정도와 같은 변수 결측 비율이 높아 전체 변수의 50% 정도를 삭제할 수밖에 없었다. 교장 및 학교 자료에서는 결측치 뿐만 아니라 문항 내용이 중복되거나 응답 값이 단일하여 분석에서 제외된 변수들이 있었다. 또한 학교풍토저해요인은 결측치가 많아 학생, 교사, 학부모 자료에서 공통적으로 삭제된 변수였다. 방과후학교, 사교육, 진로교육이 주요 이슈이고 진학진로활동도움 변수가 선행연구에서 유의한 것으로 보고되었던 점을 감안할 때, 이러한 변수들을 모형에 투입하지 못했던 점이 아쉽다 하겠다.

따라서 온라인 설문과 같은 방식으로 조사 방법을 전환하여 참여자의 의도 또는 부주의로 인하여 미응답이 발생하지 않도록 하거나, 설문 완료 후 검토 및 추후 확인 과정을 추가함으로써 조사 자료의 완결성을 높일 필요가 있다. 또한, 교육청 차원에서 얻을 수 있는 변수의 경우에는 개별 학교에게 설문 문항으로 제시하기보다 교육청 차원에서 정리하는 것이 더 효율적일 수 있다. 이를테면 학교설문지의 세입·세출 예·결산 변수는 학교알리미와 같은 정보공시 자료에서 쉽게 얻을 수 있는 자료인데, SELS에서 이러한 자료가 누락되는 경우가 종종 있었다. 개별 학교에서 기입하면서 기입 시 실수로 인한 오류 또한 가능할 것이라고 사료된다.

둘째, 본 연구에서 반응변수로 이용한 창의성 변수는 학생이 스스로 자신에 대해서 어떻게 인식하는지를 답함으로써 얻은 것이다. 즉, 사실은 창의성이 높지 않은데도 본인은 높다고 생각할 수도 있고, 그 반대도 가능하다. 이는 모든 자기보고식 설문 연구의 제한점으로 창의성 뿐만 아니라 진로성숙도, 성취목표, 탄력성, 자아개념, 자기평가와 같은 다른 심리적 구인의 경우에도 해당되는 제한점이다. 연구 결과 해석하기 쉽지 않은 변수가 도출되는 경우, 연구자들은 변수 수집에서의 타당성에 의문을 가질 수 있다. SELS와 같은 대규모 자료 수집 시 쉽지 않은 도전일 수 있으나, 향후에는 자기보고식 설문에 덧붙여 교사 및 학부모의 관찰 또는 면담과 같은 질적인 평가를 수행할 것을 제안한다. 이러한 질적 자료를 통하여 한층 더 분석이 풍부해질 수 있을 것이다. 물론 전체 학생을 대상으로 이러한 질적인 평가가 쉽지 않을 것이므로, 학생, 학부모, 교사, 교장의 일부를 표집하여 연구를 수행할 수 있을 것이다. 몇몇 중요한 구인에 대하여 추가적인 검사를 실시하는 것도 제안한다. 이를테면 창의성의 경우 TTCT(Torrance Test of Creative Thinking)과 같은 실제 창의성을 측정할 수 있는 검사를 같이 시행하여 점수를 얻을 수 있다면, 학생의 실제 창의성 점수와 학생이 인식하는 자신의 창의성 점수를 비교함으로써 여러 다양한 함의를 이끌어낼 수 있을 것이다.

셋째, 본 연구는 여러 기계학습 기법 중 elastic net을 이용함으로써, 수천 개의 문항으로부터 중요한 설명변수를 파악함과 동시에 사회과학 패널 자료 분석 시 피하기 힘든 다중공선성 문제 또한 고려하였다. 그러나 LASSO(Least Absolute Shrinkage and Selection Operator)를 기반으로 하는

elastic net은 변수 선택 일치성은 충족하지 못한다는 제한점이 있다(Ogut, Schulz-Streeck, Piepho, 2012). 향후 연구에서는 변수 선택 일치성을 충족하는 기계학습 기법인 MCP(Minimax Convex Penalty; Zhang, 2010), SCAD(Smoothly Clipped Absolute Deviation; Fan & Li, 2001) 등을 이용하여 사회과학 자료에서 어떻게 얼마나 차이가 있는지, 어떤 기법이 어떤 상황에서 더 적절할 것인지 기법 간 비교 연구를 실시할 필요가 있다.

빅데이터(big data) 시대의 도래와 함께 기계학습은 이미 전자상거래, 자연어 분석, 자율주행 자동차 등의 다양한 분야에서 성공적으로 응용되고 있으나, 기계학습을 이용한 교육학 연구는 상대적으로 많지 않으며 ‘기계학습’ 자체에 대한 교육학 연구자들의 이해도 또한 높지 않다. 기계학습 기법은 전통적인 통계 기법과 패러다임이 다르다. 더 자세히 설명하자면, 추론(inference)에 기반하며 설명을 중시하는 전통적인 통계 기법과 달리 기계학습 기법은 예측(prediction)을 중시하며 통계적 검정을 하지 않는다. 또한, 통계적 유의성(statistical significance) 대신 예측 오차(prediction error)를 구하여 모형 적합도를 평가하며, 과적합(overfitting)을 막기 위하여 벌점회귀모형(penalized regression)과 같은 정규화(regularization) 기법을 이용한다. 예측보다 설명을 우선시하는 사회과학 연구 기조에서 기계학습 기법은 아직까지 대중적인 분석 방법이 아니지만, 최소한 전통적 통계 기법을 보완할 수 있는 기법으로 이용할 수 있다. 본 연구를 통하여 기계학습 기법이 교육학을 비롯한 사회과학 연구에서도 확산되는 계기를 마련할 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

- 강병직. (2015). 문화예술기반 학교 창의성 개발을 위한 이론적 탐색 연구. *문화예술교육연구*, 10(1), 1-30.
- [Kang, B. J. (2015). A Theoretical Study on the Developing the Arts-based School Creativity Index(ASCI). *Korean Journal of Culture and Arts Education Studies*, 10(1), 1-30.]
- 강병직. (2016). 문화예술 기반 학교 창의성 지수 개발 연구. *미술교육연구논총*, 45, 147-170.
- [Kang, B. J. (2016). A Study on the Developing the Arts-based School Creativity Index for Elementary School. *Journal of Art Education*, 45, 147-170.]
- 교육부. (2015). 2015 개정 교육과정 질의응답자료. Retrieved from <http://ncic.go.kr/mobile.brd.ntc.view.do?articleNo=10000064>
- [Ministry of Education (2015). 2015 revised curriculum Q & A. Retrieved from <http://ncic.go.kr/mobile.brd.ntc.view.do?articleNo=10000064>]
- 교육부. (2018). 미래교육의 첫발, 디지털교과서와 소프트웨어교육 실시. Retrived from <http://moe.go.kr/boardCnts/view.do?boardID=294&boardSeq=73654&lev=0&searchType=null&statusYN=C&page=2&s=moe&m=0501&opType=N>
- [Ministry of Education (2018). *The first step of future education, digital textbooks and software education*. Retrived from <http://moe.go.kr/boardCnts/view.do?boardID=294&boardSeq=73654&lev=0&searchType=null&statusYN=C>

- C&page=2&s=moe&m=0501&opType=N]
- 권선아, 이수영. (2017). 컴퓨터 및 스마트폰 활용이 중학생의 창의성과 학업성취도의 종단적 변화에 미치는 영향. **컴퓨터교육학회논문지**, 20(3), 35-46.
- [Kyun, S. , Lee, S. Y. (2017). Analysis of longitudinal relations between creativity, academic achievements, and utilization of computer & smartphone of middle school students. *The Journal of Korean Association of Computer Education*, 20(3), 35-46.]
- 김누리, 이희현, 김효원. (2015). 초등학생이 지각하는 수업방식, 교사특성, 수업분위기와 창의성과의 관계. **창의력교육연구**, 15(2), 17-31.
- [Kim, N. R., Hyun, L. H., Kim, H. W. (2015). The Relationship among the Elementary Student's Perceived Class Method, Teacher Characteristics, Class Atmosphere and Creativity. *The Journal of Creativity Education*, 15(2), 17-31.]
- 김순남, 이병환, 황향숙. (2003). 창의성 교육 실태 분석과 교육 정책적 과제. **중등교육연구**, 51(2), 41-68.
- [Kim, S. N., Lee, B. H., Hwang, H. S. (2003). Analysis of the Current Status and Proposal of Political Tasks of Creativity Education in Schools. *Asia Pacific Journal of Educational Research*, 51(2), 41-68.]
- 김애경. (2017). 전문대학생들의 창의성과 자기주도 학습능력의 관계에서 학업적 자기효능감의 매개효과. **청소년시설환경**, 15(2), 149-160.
- [Kim, A. (2017). The mediating effects of academic self-efficacy on the relationship between creativity and self-directed learning ability in college students. *Korea Institute of Youth Facility & Environment*, 15(2), 149-160.]
- 김영민, 임영식. (2012). 민주적 양육방식, 자아탄력성 및 휴대전화의존과 자기주도학습능력의 구조모형 검증. **한국청소년연구**, 23(2), 273-299.
- [K, Y., Lim, Y. (2012). Structural Model of Democratic Parenting Style, Ego-resilience, Cell phone Dependency, Self-directed Learning. *Studies on Korean Youth*, 23(2), 273-299.]
- 김이경, 김경현, 민수빈. (2016). 중학교 교사의 창의적 교수학습방법이 학생의 창의성에 미치는 영향 분석. **한국교원교육연구**, 33(3), 165-187.
- [Kim, E. G., Kim, G. H., Min, S. B. (2016). The Effects of Creative Teaching and Learning Methods of Middle School Teachers on Students' Creativity. *The Journal of Korean Teacher Education*, 33(3), 165-187.]
- 김현정. (2010). 아동의 창의적 인성에 영향을 미치는 가정환경변인 탐색. **학습자중심교과교육연구**, 10(2), 121-146.
- [Kim, H. J. (2010). The Effect of Home Environment on Children's Creative Personality. *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 10(2), 121-146.]
- 노그림, 신동엽. (2016). 문화예술활동이 개인의 창의성에 미치는 영향. **예술경영연구**, 39, 103-130.
- [Noh, G., Shin, D. Y. (2016). The Effect of Art Activity on Individual Creativity. *Journal of Beauty Art Management*, 39, 103-130.]
- 노승빈. (2007). 창의성과 영어교육의 통합을 위한 교과과정. **대한사고개발학회 학술발표대회 발표논문집**, 107-115.
- [Noh, S. B. (2007). Curriculum and Instruction for the Integration Creativity and English Classroom. *The Korean Association For Thinking Development*, 107-115.]
- 민수빈, 김이경. (2017). 진로탐색활동이 중학생의 창의성에 미치는 영향에 관한 종단 분석. **열린교육연구**, 25, 95-116.
- [Min, S. B., Kim, E. G. (2017). The Longitudinal Analysis of the Influence of the Career Exploration Activity upon Students Creativity. *The Journal of Yeolin Education*, 25, 95-116.]
- 박경호, 김양분, 남궁지영, 백선희. (2015). **학교 교육 실태 및 수준 분석(IV): 초등학교 연구** (RR2015-30). 서울: 한국교육개발원. Retrieved from <https://www.kedi.re.kr/khome/main/research/listPubForm.do>
- [Park, K., Kim, Y., Namkung, J., Back, S. (2015). *Analysis of School Education Status and Level (IV): Elementary*

- School Research* (RR2015-30). Seoul: Korea Educational Development Institute.}
- 박병기, 강현숙. (2006). 자기보고형 통합 창의성 척도의 개발 및 타당화. *교육심리연구*, 20(1), 155-177.
- [Bak, B. G., Kang, H. S. (2006). Development and Validation of a Self-Report form of Integrative Creativity Scale. *The Korean Journal of Educational Psychology*, 20(1), 155-177.]
- 박영숙, 김순남, 이동엽, 허은정, 허주, 서경혜, 전제상. (2016). **학교교육 역량 강화를 위한 교사학습공동체 운영 지원 방안 연구** (RR2016-03). 서울: 한국교육개발원. Retrieved from <https://www.kedi.re.kr/khome/main/research/listPubForm.do>
- [Park, Y., Kim, S., Seo, K., Lee, D., Jeon, Je., Hur, E., Hur, J., Park, H. (2016). *A Study on Teacher Learning Community Support for Enhanced School Capacity* (RR2016-03). Seoul: Korea Educational Development Institute.]
- 박희진, 남궁지영. (2016). 중학생의 '미래 핵심역량' 영향 요인 분석. *학습자중심교과교육연구*, 16(8), 149-172.
- [Park, H., Namkung, J. (2016). Factors Influencing the Key Competencies of Middle School Students in South Korea. *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 16(8), 149-172. }
- 서미옥. (2009). 대학생의 창의성, 창의적 인성 및 2×2 성취목표지향의 관계. *중등교육연구*, 57(2), 155-179.
- [Suh, M. O. (2009). The Study of the Relationships among Creativity, Creative Personality, and 2×2 Goal Orientation for Undergraduates. *Asia Pacific Journal of Educational Research*, 57(2), 155-179.]
- 어윤경. (2015). 진로성숙도를 매개로 한 진로체험 활동의 창의성 함양 효과 연구. *한국교육학연구*, 21(2), 197-219.
- [Au, Y. K. (2015). The creativity improvement effect according to the career exploration education and Mediating effect of career maturity. *The Korea Educational Review*, 21(2), 197-219.]
- 유경훈, 강순미. (2009). 아동의 창의성에 부모성격, 양육태도, 가정의 분위기가 미치는 영향. *아동교육*, 18(3), 121-133.
- [Lew, K. H., Kang, S. M. (2009). Effects of Parents' Personality, Rearing Behavior and Home Supports on Children's Creativity. *The Journal of Child Education*, 18(3), 121-133.]
- 유진은, 노민정. (2017). Group lasso를 통한 중학생의 삶의 만족도에 영향을 미치는 변수 탐색. *한국청소년연구*, 28(1), 127-149.
- [Yoo, J. E., Rho, M. (2017). Predictor exploration via group lasso : Focusing on middle school students' life satisfaction. *Studies on Korean Youth*, 28(1), 127-149.]
- 윤병배, 김진모. (2012). 발명 영재 중학생이 지각한 부모의 양육태도와 창의적 인성과의 관계. *한국기술교육학회지*, 12(2), 1-25.
- [Yun, B., Kim, J. (2012). The Relationship between Parenting Attitudes Perceived by Invention-gifted Middle School Students and Creative Personality. *The Korean Journal of Technology Education*, 12(2), 1-25.]
- 이정민, 정혜원. (2016). 고등학생 진로성숙도 발달양상의 잠재계층 분류와 영향요인 검증. *청소년학연구*, 23(11), 29-53.
- [Lee, J., Chung, H. (2016). Classifying a Differential Developmental Trajectories of Career Maturity and Testing the Effects of Factors in High School Students. *Korean Journal of Youth Studies*, 23(11), 29-53.]
- 임성택. (2007). 학생의 창의적 성격과 교우관계에 대한 교사의 지각: 학업성적과 성의 조절효과. *교육학연구*, 45, 51-70.
- [Lim, S. T. (2007). Teachers' Perceptions of Students' Creative Personality and Peer Relations: Moderating Effects of Gender and Academic Achievement. *Korean Journal of Education Research*, 45, 51-70.]
- 정지은, 조연순. (2012). 국내 창의성 교육 연구동향 분석: 창의성 교육의 유형을 중심으로. *교육방법연구*, 24(4), 659-682.
- [Jeong, J., Cho, Y. (2012). Analysis of the studies of creativity education in Korea: Focusing on approaches

- toward creativity education. *The Korean Journal of Educational Methodology Studies*, 24(4), 659-682.]
- 허은정, 윤지영. (2017). 고등학교 교사의 수업개선 활동과 학생의 창의성 발달 간 관계에서 교사의 혁신적 수업방법의 매개효과 검증: 학교 계열에 따른 다집단 분석. *학습자중심교과교육연구*, 17(17), 173-196.
- [Hur, E. J., Yoon, J. Y. (2017). Verification of the mediated effect of teachers' innovative teaching method for the relationship between class improvement initiatives of high school teachers and development of student's creativity: a multi group analysis according to the type of a school. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 17(17), 173-196.]
- 홍성용, 이문정, 성은현. (2014). 컴퓨터 사용시간 및 사용목적과 창의성간의 관계. *영재와 영재교육*, 13, 281-299.
- [Hong, S., Lee, M., Sung, E. (2014). Relationship among computer hours, a use of a computer, and user's creativity: For students in engineering department. *The Journal of the Korean Society for the Gifted and Talented*, 13, 281-299.]
- Cramond, B. (1994). Attention deficit hyperactivity disorder and creativity: What is the connection? *Journal of Creative Behavior*, 28. <https://doi.org/10.1002/j.2162-6057.1994.tb01191.x>
- Fan, J., & Li, R. (2001). Variable selection via nonconcave penalized likelihood and its oracle properties. *Journal of the American Statistical Association*, 96(456), 1348-1360.
- Gower, J. C. (1971). A general coefficient of similarity and some of its properties. *Biometrics*, 27, 857-871.
- Gonzalez-Carpiol, G., Serrano, J. P., & Nieto, M. (2017). Creativity in children with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD). *Psychology*, 8, 319-334.
- Guenther, A. (1995). *What educators and parents need to know about...ADHD, creativity, and gifted students: Practitioners' guide A9814*. Retrieved from ERIC database. (ED 429415).
- Jonsson, P., & Wohlin, C. (2004, September). *An evaluation of k-nearest neighbour imputation using Likert data*. Paper presented at the IEEE IEEE 10th International Symposium Proceedings. Retrieved from <https://ieeexplore.ieee.org/document/1357895/>
- Kyaga, S., Landén, M., Boman, M., Hultman, C. M., Långström, N., & Lichtenstein, P. (2013). Mental illness, suicide and creativity: 40-year prospective total population study. *Journal of Psychiatric Research*, 47(1), 83-90.
- Miller, A. L., Lambert, A. D., & Speirs-Neumeister, K. L. (2012). Parenting style, perfectionism, and creativity in high-ability and high-achieving young adults. *Journal for the Education of the Gifted*, 35, 344-365.
- Ogutu, J. O., Schulz-Streeck, T., & Piepho, H. P. (2012). Genomic selection using regularized linear regression models: ridge regression, lasso, elastic net and their extensions. *BMC Proc.* 6(Suppl. 2):S10. doi: 10.1186/1753-6561-6-S2-S10
- Peterson, J. S., & Ray, K. E. (2006). Bullying and the gifted: Victims, perpetrators, prevalence, and effects. *Gifted Child Quarterly*, 50, 148-168.
- Rychen, D. S., & Salganik, L. H. (2000). *Definition and selection of key competencies*. Retrieved from <http://www.orientamentoirreer.it/sites/default/files/materiali/2000%20deseco%20contributo.pdf>
- Yarkoni, T., & Westfall, J. (2017). Choosing prediction over explanation in psychology: Lessons from machine learning. *Perspectives on Psychological Science*, 12, 1-23. doi: 10.1177/1745691617693393
- Yoo, J. E. (2018). TIMSS 2011 Student and teacher predictors for mathematics achievement explored and identified via elastic net. *Frontiers in Psychology*, 9, 317. Retrieved from <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2018.00317/full>
- Zhang, C. H. (2010). Nearly unbiased variable selection under minimax concave penalty. *The Annals of Statistics*, 38(2), 894-942.
- Zou, H., & Hastie, T. (2005). Regularization and variable selection via the elastic net. *Journal of Royal Statistical*

Society B, 67, 301-320.

유진은(jeyoo@knue.ac.kr)

한국교원대학교 교육학과 교수. 측정·평가·연구방법론, 범주형 자료분석, 무응답 자료분석, 기계학습, 구조방정식모형이 주요 연구 주제임.

노민정(minjeong019@gmail.com)

한국교원대학교 교육학과 박사 졸업, 대전 소재 초등학교에서 근무 중임. 측정·평가·연구방법론, 메타분석, 기계학습이 주요 연구 주제임.

